

# 综合地球物理方法在湖南锡田地区矿产预测中的应用

杨 涛,叶颖颖,李坤鹏

(湖南省地球物理地球化学勘查院, 湖南 长沙 410116)

**摘 要:**由于各类地球物理勘探方法均存在局限性,单一的物探方法容易受到地质及地球物理条件的限制,难以得到全面准确的结果。因此,在实际工作中,往往运用多种勘探方法同时开展地质研究。采用综合物探方法可以提高物探成果的质量和地质解释的精度。针对湖南锡田地区矿田钨锡矿产选用重力勘探和可控源音频大地电磁测深法进行勘察预测,利用高精度重力方法大致推断出隐伏岩体的边界形态以及岩体地下空间分布形态,利用可控源音频大地电磁方法可较为精细地推断出岩体顶界面及边界,同时推断出矿体最佳赋存空间,方法之间优势互补,较好地达到了物探勘探的目的。

**关键词:**综合地球物理方法;重力勘探;可控源音频大地电磁法;综合解释

DOI:10.13828/j.cnki.ckjs.2018.05.034

## 0 引 言

地球物理勘探方法是利用地下地质体之间的导电性、导磁性、密度、导热性、波速等物性参数的差异,通过专用的地球物理仪器来观测由此引起的地球物理场的变化,并对测得的数据进行处理、解释来达到勘探的效果。地球物理勘探方法可用于寻找金属矿、寻找地下水、探测石油天然气等<sup>[1]</sup>。

随着物探方法的发展,矿产勘查工作不断深入,浅层矿产日益减少,深部隐伏矿成为了目前物探工作的主要对象<sup>[2]</sup>。而单一的物探方法,往往仅能了解某一种物性差异,但目标体的探测具有多解性<sup>[3]</sup>,且受到地质及地球物理条件限制,难以取得高质量实测资料,精度会受到影响。因此,在实际工作中,往往运用多种勘探方法同时对研究区开展地质研究。多种物探方法组合模式可以实现物探方法之间的优势互补<sup>[4]</sup>,提高物探结果的精确度。

其中,重力勘探利用的重力场主要是通过测量地下密度不均匀体所引起的重力异常来推断测区的地质构造或矿产资源分布情况等<sup>[5]</sup>。早在1963年,我国就已经有专家开始利用重力方法来对铅锌矿进行探测<sup>[6]</sup>。随着重力勘探方法的不断发展,该方法的使用范围也越来越广。到目前为止,该方法已经在划分大地构造单元、石油天然气勘探、金属矿勘探、盐矿探测等领域得到了应用<sup>[7]</sup>。

可控源音频大地电磁测深是20世纪80年代兴起的一种电磁勘探技术。该方法利用人工场源,通

过测量电场的水平分量( $E_x$ )与磁场的水平分量( $B_y$ ),从而求取地下介质的电阻率。该方法在地下水资源勘探、地热勘查、工程物探、金属矿勘查等领域的实际应用中取得了显著的效果。

为了探测锡田地区钨锡矿成矿规律及分布,笔者根据该地区地层、岩体的物性特征,选用了重力勘探与可控源音频大地电磁法相结合来进行综合地球物理勘探,取得了较好的结果。

## 1 工区地质概况和地球物理特征

本文所研究的区域——湖南锡田地区,位于南岭钨锡铅锌多金属成矿带湖南段东部北侧,郴州—茶陵北东向钨锡多金属成矿带北东段,武功山加里东隆褶带与罗霄山海西印支凹陷带接合部的转折处(见图1)。

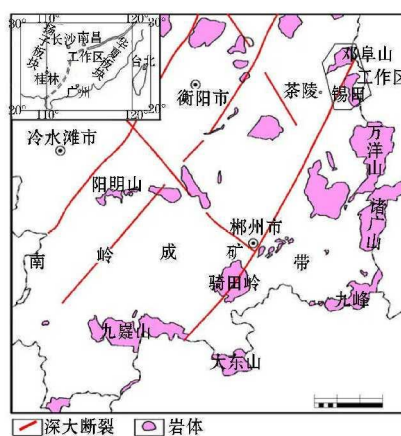


图1 区域构造纲要

工区地层出露较为完全,其中分布最广的地层是早古生带地层,其次为晚古生代和白垩纪地层。区内岩浆岩较为发育,主要是锡田岩体、邓阜仙岩体。测区位于扬子陆块与华南板块交接部位,属南岭东西向构造—岩浆成矿带中北缘。根据前期地质资料可知,该工区经受了几次大的构造运动,形成了不同的构造层次,即寒武纪—奥陶纪地层组成基底构造层;中上泥盆统至下三叠统组成的盖层构造层和白垩纪地层组成的红色盆地构造层。

根据航磁测量编图成果,本区处于罗霄山—攸县—安仁磁异常带上,航磁异常较为发育,总体特征是由东南向西北逐步增强,异常多为浑圆状,异常中心突出,中心面积数平方千米至数十平方千米,均伴有负值(见图2)。航磁异常反映了岩体侵入与磁性蚀变信息。

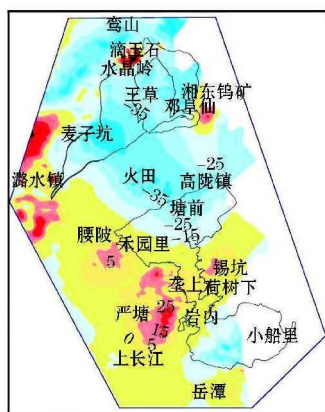


图2 航磁 AT 异常

从最新的1:5万布格重力异常资料上可以看出,测区总体表现为布格重力低异常带特征,走向为北北西向转南北向。沿岩体轴线分布有3个圈闭重力低异常,岩体两侧为明显的重力梯级带异常,在测区边界局部有重力高异常。重力高异常主要是石炭纪灰岩、泥盆纪灰岩、白云质灰岩、二叠纪灰岩等岩性的反映。重力低值区位于锡田、邓阜仙岩体中,与低密度的花岗岩体有关(见图3)。

## 2 物探数据处理与分析

### 2.1 物性结果与分析

根据地层(岩体)岩石密度资料,测区中生界白垩系、侏罗系及古近系岩石密度平均值为 $2.60\text{ g/cm}^3$ ,三叠系和上古生界岩石密度平均值为 $2.71\text{ g/cm}^3$ ,下古生界岩石密度平均值为 $2.69\text{ g/cm}^3$ ,元古界岩石密度平均值为 $2.71\text{ g/cm}^3$ 。

花岗岩的密度值在 $2.60\sim 2.64\text{ g/cm}^3$ 之间,与围岩(泥盆系、奥陶系、二叠系地层)亦存在着明显的密度差异。

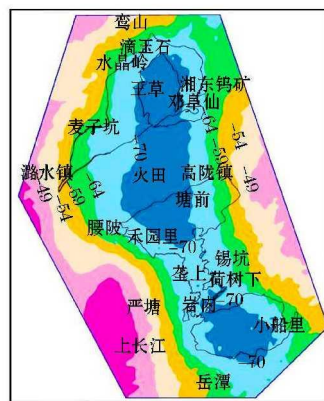


图3 布格重力异常

从电性特点分析,矿田附近主要有花岗岩,视电阻率为 $4000\sim 6000\ \Omega\cdot\text{m}$ ,属于中电阻率地质体;早古生界砂岩视电阻率为 $500\sim 700\ \Omega\cdot\text{m}$ ,为低电阻率层;晚古生界泥盆系与石炭系灰岩与白云岩地层视电阻率为 $10000\sim 20000\ \Omega\cdot\text{m}$ ,为高电阻率层;中生代白垩系泥质岩视电阻率为 $30\sim 200\ \Omega\cdot\text{m}$ ,为超低电阻率层。它们之间存在数量级的差异,用电磁法较容易分辨出来。

上述密度、电阻率等参数的差异为重力、电法类的物探方法顺利开展提供了良好的物性基础。

### 2.2 重力数据处理与分析

将野外观测得到的重力数据进行处理,包括地形校正、高度校正、布格校正、正常重力值校正及重力异常等各项计算。本文中该工区170号线为例进行说明。数据处理后得到图4所示的重力异常曲线,利用该数据进行反演,可以得到如图5所示的密度异常分布。

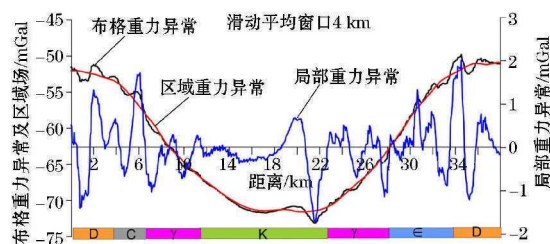


图4 区域重力异常与局部重力异常

### 2.3 可控源音频大地电磁勘查数据处理与分析

此次可控源音频大地电磁测深数据为TM模式标量采集,数据处理使用PROCSAMT软件进行,首先对原始数据质量进行判断,对相位反向或者

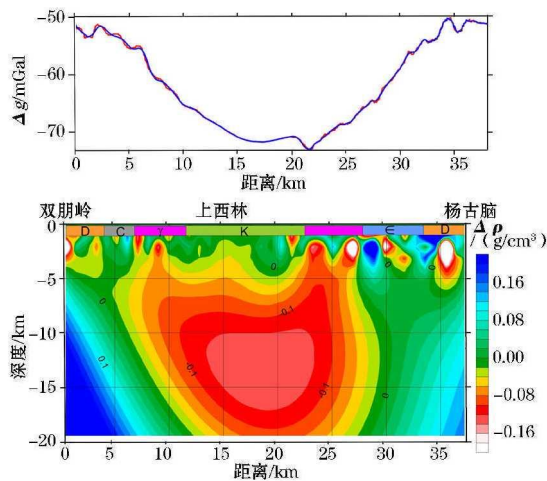


图5 邓阜仙—锡田隐伏岩体 2D 密度反演

误差偏大数据进行复核;对合格数据进行静态校正,

中远区数据筛选及相位处理。再使用 SCS2D 反演软件进行反演,反演算法采用 Bostick 算法对卡尼亚电阻率及阻抗相位进行迭代计算,确定反演模型的电性分布特征,反演中加入了地形数据进行地形改正,最终计算并编绘出电阻率反演图(见图 6)。

### 3 综合地球物理方法解译

图 7 所示为 170 线综合地质物探解释图。从地质剖面来看,170 线位于邓阜仙岩体南缘,穿越岩体与白垩系红盆,南端位于锡田岩体边缘。地层出露简单,仅为白垩系红色砂岩,两端为花岗岩,重力异常表现为北低南高,最低值在邓阜仙出露岩体外围约 1 km 宽范围,剖面点号 930~1020,布格异常最小值为  $-74 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

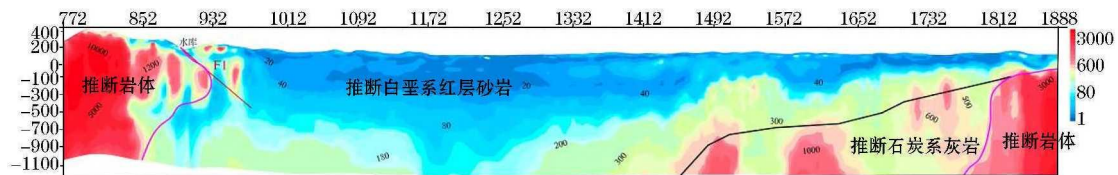


图6 170 线二维反演电阻率成果解释

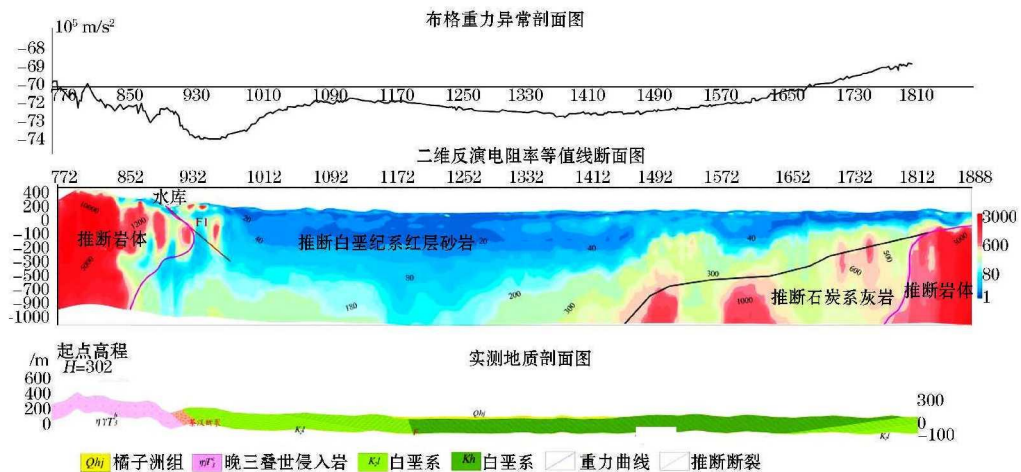


图7 170 线综合地质物探解释

电阻率测深剖面显示 772~900 点之间明显处于高阻异常区,结合地表出露以及重力布格异常在该段处于明显重力低异常,认为该异常为邓阜仙岩体引起,同时电阻率及布格曲线变化剧烈,说明此处构造较为复杂。剖面西南端隆起的高阻异常,结合地质情况,认为是锡田岩体引起,岩体从西南往北西侵入。1452~1812 点深部的高阻异常,结合布格重力异常,认为该异常可能为石炭系碳酸岩引起,从北西往南东布格重力异常逐渐升高,而高阻异常深度同样从北西往南东逐渐变浅,从物性资料可分析出,

该高阻异常不应是岩体引起,故推断为石炭系碳酸岩引起。此高阻异常不连续,而南东侧为推断的锡田岩体,认为该区域构造较为复杂,断裂破碎较为发育,同时是成矿的有利地段,从空间位置及岩性特征来分析,该位置也是寻找砂卡岩型矿产的有利空间。

### 4 结论

受地质和地球物理条件的限制,单一的地球物理方法有时难以取得高质量的探测结果。使用综合

(下转第 118 页)

表1 矿坑涌水量计算

时间 /年	MR 矿体涌水量 /(m <sup>3</sup> /d)	UG2 矿体涌水量 /(m <sup>3</sup> /d)	合计涌水量 /(m <sup>3</sup> /d)
1	616		
2	720		
3	822		
4	1545		
5	1661	975	
10	2251	2647	4898
15	2339	3080	5419
20	2451	3172	5623
25	2648	3018	5667
30	2670	2991	5661
35	2454	3076	5530
40	2446	2972	5418
45	2208	3038	5246
50	1611	3659	5270

(3) 计算结果及质量评述。运用解析法公式计算水文地质条件粗略概化矿山的涌水量,适用性较差,将产生较大误差。故解析法计算结果仅供参考。地下水数值模拟法是根据矿区水文地质试验获得的水文地质参数,采用 Visual Modflow (VMOD) Version 4.3 软件进行的矿坑涌水量估算,其参数来源可靠,计算公式不受边界条件、井巷类型限制,避免了某些复杂水文参数的选取,其结果可靠,故建议以地下水数值模拟法计算数据结果作为今后矿山开采设计依据。

#### (上接第 112 页)

地球物理方法进行勘探,多种参数的反演结果相互印证,可以提高物探结果的分析质量和地质解释精度。在湖南锡田地区钨锡矿成矿规律及靶区预测工作时,笔者根据当地的地质和地球物理特征,选取了重力勘探和可控源音频大地电磁法来对该区进行探测工作。

锡田地区钨锡多金属矿床受岩体及断裂构造控制,岩体、砂卡岩、地层之间存在明显的密度差异,利用重力测量具备寻找岩体接触带位置,推断盖层的厚度及其空间展布形态的可能;由于白垩系砂岩与岩体均为低密度,然而却有较大的电性差异,因此利用电阻率测深法可划分白垩系地层及其下覆的碳酸岩地层或者岩体,同时结合重力异常也能预测出成矿的有利地段。

综合多种物探方法的结果,可以有效解决由于物性相近造成的单一方法划分缺陷,取长补短,尽可

### 3 结 论

矿区地貌类型为侵蚀构造中低山及冲洪积峡谷盆地地貌,海拔高度一般为 980~1800 m,最低侵蚀基准面标高为 960.0 m。矿区范围内无地表水体,矿体埋深 200~900 m,均位于最低侵蚀基准面之下,地形不利于自然排水,大气降水是地下水的主要补给来源。矿坑直接充水水源是基岩构造裂隙水,主要的杂岩体含水层富水性弱,局部可达中等。矿区主要断裂构造富水性及导水性弱。采用地下水数值模拟法预测矿坑正常涌水量 5270 m<sup>3</sup>/d。矿床水文地质边界条件简单,矿床水文地质条件属以基岩构造裂隙充水为主的简单类型。

#### 参考文献:

- [1] MSA. Environment Impact Assessment Report[R].2011.
  - [2] Knight Piésold. Geohydrology Report—Nkwe Platinum[R]. 2012.
  - [3] 紫金矿产地质勘察院.南非林波波省加拉陶(GARATAU)矿区铂族矿资源储量核实报告[R].2018:厦门.
  - [4] GB/T 12719—1991.矿区水文地质工程地质勘探规范[S]. 1991.
  - [5] 杨成田.专门水文地质学[M].北京:北京地质出版社,1981.
- (收稿日期:2018-04-25)
- 作者简介:陈新攀(1987—),男,福建漳平人,地质工程师,硕士,主要从事地勘水工环工作,Email:499378500@qq.com.

能地达到寻找多种目标体的找矿目的。

#### 参考文献:

- [1] 张胜业,潘玉玲.应用地球物理学原理[M].武汉:中国地质大学出版社,2004.
  - [2] 张 岩,张尚坤,于学峰,等.综合找矿方法在东阿单庄 BIF 型铁矿床勘查中的应用[J].地球科学,2016,41(4):655-663.
  - [3] 何永波,李德庆,杨振宇,等.综合物探方法在滑坡地质勘探中的应用研究[J].CT 理论与应用研究,2015,24(1):11-20.
  - [4] 刘国辉,刘志远,李 达,等.综合物探方法在太原市蒙山采空区探测中的应用[J].物探与化探,2012,36(6):1020-1023.
  - [5] 任 丽,孟小红,刘国峰.重力勘探及其应用[J].科技创新导报,2013(8):240-243.
  - [6] 王懋基,蔡 鑫,涂承林.中国重力勘探的发展与展望[J].地球物理学报,1997(40):292-298.
  - [7] 刘天佑.地球物理勘探概论[M].北京:地质出版社,2007.
- (收稿日期:2018-05-02)
- 作者简介:杨 涛(1985—),男,湖南长沙人,工程师,主要从事地球物理勘查、工程地质、岩土勘查等技术与管理工作,Email:372067997@qq.com.